

**RANCANG BANGUN PENGENDALI MOTOR 1 FASA DENGAN METODE *ZERO*
CROSSING DETECTOR BERBASIS ARDUINO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

AGUS SUTRIYONO

D 400 130 062

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN PENGENDALI MOTOR 1 FASA DENGAN METODE *ZERO* *CROSSING DETECTOR* BERBASIS ARDUINO

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:


AGUS SUTRIYONO

D 400 130 062

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing,

acc 30/3-2017



Aris Budiman, ST.MT

NIK. 885

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PENGENDALI MOTOR 1 FASA DENGAN METODE *ZERO* *CROSSING DETECTOR* BERBASIS ARDUINO

OLEH

AGUS SUTRIYONO

D 400 130 062

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 13 April 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1.Aris Budiman, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2.Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3.Ir. Jatmiko, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK.682

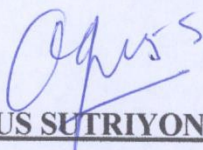
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya,

Surakarta, 30 Maret 2017

Penulis


AGUS SUTRIYONO

D 400 130 062

RANCANG BANGUN PENGENDALI MOTOR 1 FASA DENGAN METODE *ZERO CROSSING DETECTOR* BERBASIS ARDUINO

Abstrak

Pengendalian kecepatan putar motor AC bisa menggunakan berbagai metode antara lain pengaturan frekuensi, mengubah jumlah pasang kutub, pengaturan tahanan luar, pengaturan tegangan masuk jangkar, pengontrolan vektor, mengubah tegangan, mengubah frekuensi jala-jala dan. menggunakan perangkat (komponen) elektronika. Pengendalian motor AC satu phasa menggunakan metode pencacahan sudut phasa (*zero crossing detector*) dengan mengatur pemicuan *triac* akan memudahkan kendali putaran kecepatan motor AC 1 phasa. Merubah penyulutan tunda *triac* akan mengubah arus dan tegangan keluaran alat dari *triac* maka daya dari motor AC 1 phasa akan berubah sesuai dengan penyulutan pada *triac*. Dengan rangkaian *zero crossing detector* sebagai perangkat yang mendeteksi perpotongan gelombang sinusoidal pada tegangan AC dapat diberikan sinyal acuan pemicuan pada *gate triac*. Pada penelitian ini dirancang pengaturan kecepatan motor menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 dan dalam aplikasinya dapat menampilkan *duty cycle*, *delay* dan sinyal acuan sensor *zero crossing* pada layar monokrom 2 x 16 karakter. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan skala yang dicacah dengan kelipatan 10% dengan *duty cycle* 10% sampai 100% didapat bahwa tegangan keluaran alat mengalami kenaikan dari 30 Volt sampai 200 volt, arus keluaran 0,14 ampere sampai 1,49 ampere tetapi turun ketika diberi *duty cycle* maksimal yaitu 0,71 Ampere dan Kecepatan putar motor naik dari 183 rpm sampai 1509 rpm. Hal ini menunjukkan alat bahwa sudah bekerja dalam mengatur kecepatan putar motor 1 phasa AC.

Kata Kunci : Arduino, Mikrokontroler, Kendali motor AC, Zero Crossing Detector

Abstract

AC motor speed control system can be done with several methods, such as frequency adjustment, poles number changing, resistance adjustment, armature input voltage adjustment, vector controlling, grid voltage and frequency adjusment, and additional electrtronic components usage. The 1-phase AC motor control system that used in this research uses phase angle counting (*zero crossing detector*) as reference and adjust *triac* triggering which will make the AC motor speed control system in easy way. The change of *triac* delay trigger will change the current and voltage output, so the power of the 1-phase AC motor will also change according to the *triac* trigger. With this *zero crossing detector* circuit as a device to detect the sinusoidal wave cross (zero point between positive and negative value) at AC voltage can be given a trigger refference signal to the *triac gate*. The motor speed adjustment system uses Arduino UNO R3 microcontroller and its software to show the *duty cycle*, *delay* and the *zero crossing* refference signal at the 2x16 LCD monitor. According to the conducted experiments, with 10 % increment, the *duty cycles* are is 10% until 100%. From that range, we get 30 volt until 200 volt of output voltage, and the current are 0,14 Ampere until 1,49 Ampere, but the current will drop to 0,71 Ampere when the *duty cycle* is 100% and the motor rotates at 183 rpm until 1509 rpm. This data shows that the device in this research can work to adjust the 1-phase AC motor speed.

Keywords: Arduino, Microcontroller, Induction Motor Control, Zero Crossing Detector

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pesat ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang elektronika yang telah menjadi bagian dari kehidupan manusia menciptakan banyak bidang ilmu, misalnya bidang elektronika praktis. Pengendalian kecepatan putar motor AC bisa menggunakan berbagai metode antara lain pengaturan frekuensi, mengubah jumlah pasang kutub, pengaturan tahanan luar, pengaturan tegangan masuk jangkar, pengontrolan vektor, mengubah tegangan, mengubah frekuensi jala-jala, menggunakan perangkat (komponen) elektronika dan menggunakan pencacahan sudut fasa (*zero crossing detector*).

Pada kehidupan sehari-hari berbagai rumah tangga khususnya industri penggunaan motor induksi masih sangat banyak pada motor 1 fasa karena dari segi daya rendah dan perawatannya lebih mudah dibandingkan dengan motor 3 fasa. Misalnya pada pompa air, mesin cuci, konveyor, *crane* dan masih banyak lagi. Beberapa peralatan listrik memerlukan putaran motor yang dapat dikontrol menuntut suatu ketelitian, kekuatan dan keandalan dalam jangka waktu lama.

Motor listrik merupakan motor yang memanfaatkan energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor. Pada umumnya motor AC terbagi menjadi 2 yaitu motor AC 1 fasa dan motor AC 3 fasa. Sesuai dengan namanya motor listrik 1 fasa beroperasi menggunakan sumber tegangan 1 fasa (Sumanto, 1995).

Belitan stator bila diberi tegangan maka menghasilkan medan putar dengan kecepatan sinkron. Kecepatan medan magnet tergantung pada frekuensi sumber daya dan jumlah polar stator kecepatan sinkron motor induksi dapat dihitung menggunakan rumus dasar yaitu :

$$n_s = 120 \frac{f}{P} \quad (1)$$

Dengan

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P = jumlah kutub (pole)

Zero crossing detector merupakan rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mendeteksi titik persilangan nol disuatu sinyal AC baik sinusoidal maupun sinyal AC lainnya. Rangkaian tersebut sering digunakan untuk mengendalikan beban resistif, kapasitif maupun induktif pada tegangan AC dan menggunakan eksekutor berupa triac. Titik persilangan dengan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar berupa *triac* diperlukan untuk menentukan waktu mulai pemberian *trigger* atau sinyal kontrol pada *triac* tersebut.

Pemberian sinyal input pada *triac* yang tepat pada titik persilangan nol akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi daya output dari pengendalian beban listrik dua arah (Renjani Erwanda, 2016).

Triac (*tridiode alternating current switch*) yang mempunyai susunan yang terdiri dari 5 lapis bahan jenis N dan P terminal T_1 dan T_2 dapat mengalirkan dalam arah lain. Merupakan komponen elektronika daya yang digunakan sebagai pengatur arus rata – rata yang mengalir ke sumber beban yang dapat mengatur arus dalam dua arah AC (Jaja Kustija, 2014).

Sensor merupakan semua komponen elektronika yang digunakan mendeteksi besaran fisis menjadi besaran listrik sehingga bisa dianalisa dengan rangkaian elektronika tertentu. Hampir semua perangkat elektronika sekarang terdapat sensor. Pada saat ini semakin ke depan, sensor ukuran volumenya semakin kecil dan ringkas. Kelebihannya memudahkan dalam aplikasinya, hemat ruang dan konsumsi daya. Sensor adalah bagian dari transduser (pengubah energi) yang gunanya untuk sensing. Adanya masukan energi luar masuk kebagian input dari transduser, sehingga perubahan kapasitas energi yang di terima dan dikirim ke bagian konverter dari transduser kemudian dirubah menjadi energi listrik (Rusmandi Dedy, 2001).

Optocoupler merupakan komponen elektronika yang memiliki 2 bagian penting yaitu *transmitter* dan *reciever*. *Optocouler* adalah komponen elektronika yang menggunakan cahaya *infrared* sebagai pemicu *ON / OFF*. *Opto* sendiri berarti *Optic* dan *Coupler* yang berarti pemicu bisa diartikan komponen yang bekerja berdasar pemicuan cahaya (Nur Khamidi, 2014).

Arduino Uno adalah *board* berbasis *open source* memiliki pin *PWM*, pin digital dan pin analog. Terkoneksi oleh *Arduino IDE* menggunakan bahasa pemrograman C++. Tegangan kerjanya pada tegangan DC 5-12 volt dan dapat pula berkomunikasi serial. Pengaplikasiannya sudah banyak tersedia *library – library* pendukung *Arduino* dan sensor-sensor yang kompatibel dengan *Arduino*.

Pada tugas akhir ini penulis merancang pengendali motor 1 fasa dengan metode *zero crossing detector* berbasis *Arduino*, menggunakan *Arduino Uno R3* sebagai mikrokontrolernya, *triac* MOC 3021 sebagai pengaturan arus rata rata yang mengalir dan juga optocupler 4N25 sebagai *zero crossing detector*. Dari hasil percobaan akan dianalisis perbandingan kecepatan motor induksi 1 phasa ketika diberikan *duty cycle* tertentu.

2. METODE

Metodelogi langkah dalam penelitian ini adalah sebagaimana berikut ini =

2.1 Alat & Bahan

2.1.1 Alat

- a. Multitester
- b. *Arduino IDE*
- c. *Proteus 8 Professional*
- d. *Dip Trace PCB layout*
- e. Bor Duduk
- f. Solder
- g. Motor AC 1 phasa 120 watt
- h. tachometer
- i. *Software Matlab R2014b*
- j. Ampere meter

2.1.2 Bahan

- a. *Board Arduino Uno R3*
- b. Resistor
- c. Kabel *Jumper*
- d. *Triac MOC 3021*
- e. *Optocoupler 4N25*
- f. Sensor tegangan
- g. LCD 2x16
- h. Variabel Resistor 1K
- i. *PCB*
- j. Timah bakar
- k. Kabel *USB to Arduino Uno*
- l. *Arduino Uno R3 shield*

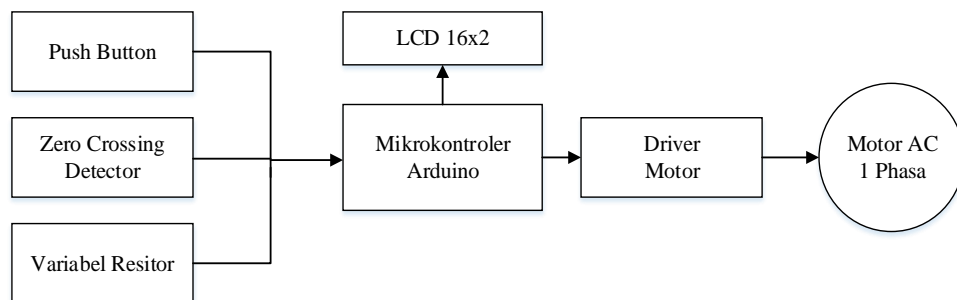
2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Mengidentifikasi Masalah dan Belajar Literatur

Ini merupakan tahap awal memulai penelitian di mana penulis mengumpulkan berbagai literatur dan penunjangnya. Berbagai buku, jurnal, karya ilmiah maupun dari internet akan dijadikan sebagai pedoman melakukan sebuah penelitian. dan terlebih dahulu mengidentifikasi masalah tentang rancang bangun pengendali motor 1 fasa dengan metode *zero crossing detector* berbasis *Arduino*.

2.2.2. Perancangan Alat

Tahap ini adalah perancangann dari identifikasi masalah dan studi literatur. Dalam garis besarnya meliputi perancangan *hardware* dan *software*. Adapun fungsinya sebagai pengendali kecepatan motor AC 1 phasa. Konsep yang akan dipakai adalah merancang sistem mikrokontroler yang dapat menentukan *delay* yang sesuai dengan sensor pemicuan deteksi sudut 0° pada tegangan AC. Mikrokontroler *Arduino* sebagai penerima data besaran dari sensor maupun masukan data analog. Data kemudian akan diolah menggunakan alogaritma pemrograman agar sesuai dengan nilai besaran sebenarnya. Nilai keluaran dari sensorlah yang akan digunakan sebagai penentu *delay* dan pemicu *triac*. Berikut adalah blok diagram alat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alat

2.3 Pembuatan Alat

Mengumpulkan berbagai literatur, skema, alat dan bahan. Tahap ini adalah dimana alat mulai dibuat dan realisasikan dari rancang bangun *software* maupun rancang bangun *hardware* berbagai komponen bahan elektronika agar sesuai dengan perencaan awal dan tujuan alat dibuat.

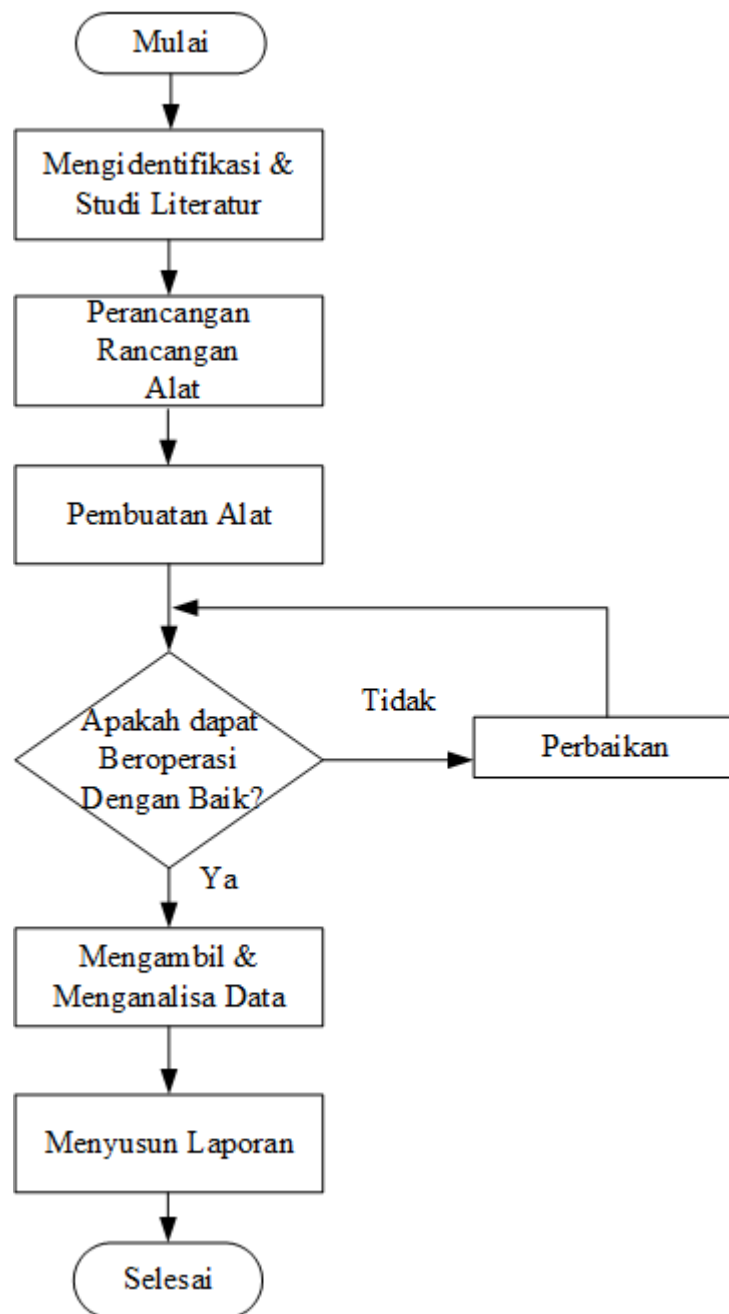
2.4 Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang telah dikerjakan dan mengetahui tegangan, arus dan putaran motor 1 phasa saat diuji. Jika alat belum sesuai dengan rencana yang diharapkan maka diperbaiki sampai sesuai dengan rencana pembuatan alat. Pengujian dilakukan dengan beban motor 1 phasa 120 watt AC.

2.5 Analisa Data

Mengambil dan menganalisa suatu data dari serangkaian pengujian yang dilakukan terhadap alat yang diuji. Mengambil data besaran dan satuan dari pengukuran mulai dari tegangan keluaran alat, arus keluaran dari alat, kecepatan motor mulai dari *duty cycle* 0% sampai 100%. Tahapan *flowchart* penelitian dapat diketahui pada gambar 2.

2.6 Flowchart Metode Penelitian



Gambar 2 . *Flowchart* Metode Penelitian

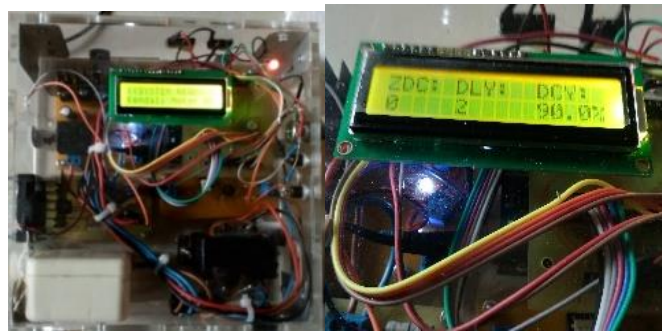
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Alat

Alat yang dibangun dalam penelitian ini berdimensi kotak dengan ukuran 20 cm x 20 cm yang tingginya 10 cm. Kotak terbuat dari akrilik berukuran tebal 5mm. Pada bagian muka alat terdapat layar *lcd* monokrom yang fungsinya sebagai penampil data- data sensor dan hasil perhitungan logika dari mikrokontroler *Arduino*. Sisi bawah alat terdapat stop kontak berfungsi sebagai *output* ke motor 1 phasa. Sisi samping kanan terdapat *push button* dan

variabel resistor sebagai kontrol manipulasi *PWM Arduino*. Rangkaian luar alat ditunjukkan oleh gambar 3.

Desain alat terdiri dari blok-blok yang antara lain berupa sensor *zero crossing detector*, *driver triac* motor 1 fasa, rangkaian *Arduino shield*, terminal *power AC 220V* dan juga trafo *stepdown 2A* untuk mencegah supaya tidak terjadi kerusakan keseluruhan karena salah satu komponen rusak yang ditunjukkan oleh gambar 3.



Gambar 3. Tampak Depan Alat

3.2 Perancangan Software

Perancangan *software* pada penelitian ini adalah untuk mengetahui algoritma pemrograman pada *Arduino* agar sesuai dengan data potensiometer dan sensor *zero crossing*. Dan juga supaya nilai-nilai dari pengolahan data *Arduino* bisa ditampilkan pada layar lcd monokrom agar diketahui kondisi dan hasil pengolahan secara *real time*. Keluaran dari sensor akan masuk pada pin analog *Arduino* karena penundaan sesuai dengan titik persilangan gelombang sinusoidal yang selalu berubah-ubah.

Pada pemrograman *Arduino* sendiri terdapat 2 struktur bagian utama yaitu yang pertama *setup* yang merupakan bagian dimana kode inisialisasi sistem *Arduino*, dimana bagian tersebut hanya dieksekusi sekali ketika memulai *start Arduino*. Kedua adalah bagian *loop* yang merupakan inti utama pemrograman *Arduino*. Interupsi yang diberikan pada *Arduino* akan terulangi secara terus menerus. Interupsi utama pada pemrograman *Arduino* yang digunakan, dimasukkan pada bagian struktur *loop*.

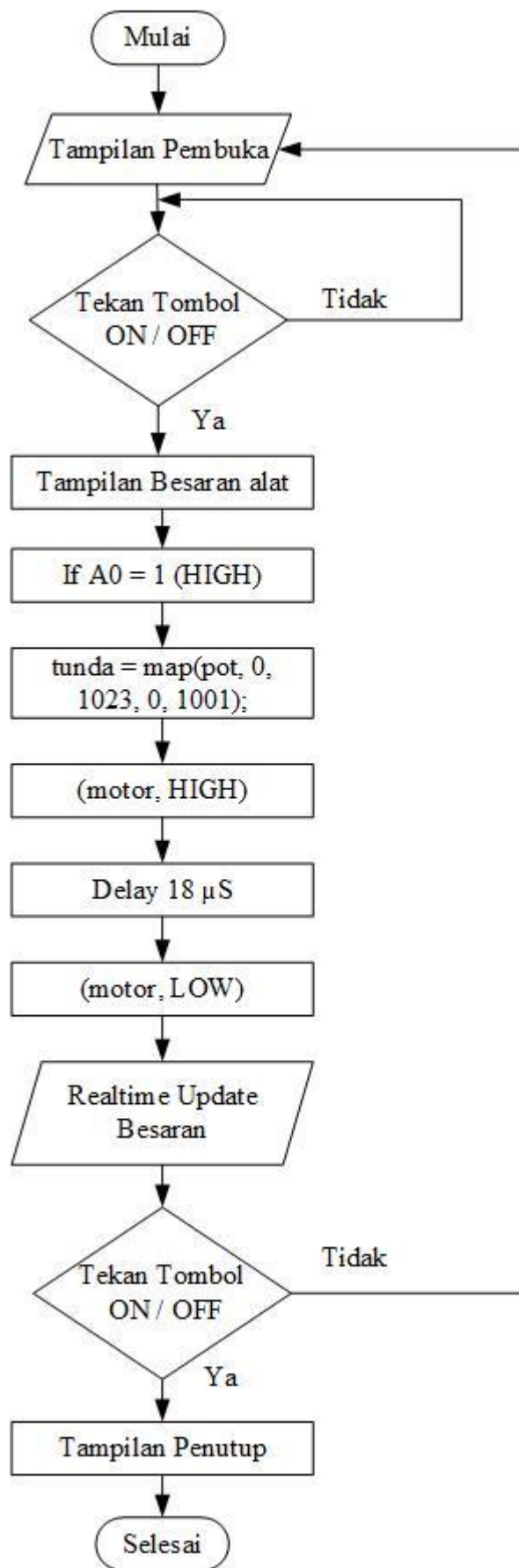
Selanjutnya adalah membuat algoritma yang sesuai untuk pengaturan putaran motor 1 fasa. Algoritma akan memproses seluruh parameter sensor sesuai penundaan sensor *zero crossing*. Berikut adalah program keseluruhan pengaturan kecepatan motor 1 fasa menggunakan *IDE Arduino* yang ditunjukkan oleh gambar 4.

```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #define tombol_on 8
3 #define tombol_off 11
4 #define ADC1 A0
5 #define ADC2 A1
6 #define motor 9
7
8 LiquidCrystal lcd (12,10,4,5,6,7);
9 int baca, pot, tunda, x;
10 float duty;
11
12 void setup(){
13   Serial.begin(9600);
14   lcd.begin (16,2);
15   lcd.setCursor (0,0);
16   lcd.println("<<SYSTEM READY>>");
17   lcd.setCursor(0,1);
18   lcd.write("Kendali Motor AC");
19   pinMode(motor, OUTPUT);
20   pinMode(13, OUTPUT);
21   pinMode (tombol_on , INPUT);
22   pinMode (tombol_off, INPUT);
23 }
24 void saklar ()
25
26 int x1 = digitalRead (tombol_on);
27 int x2 = digitalRead (tombol_off);
28 if (x1 == 0) {
29   lcd.clear ();
30   lcd.setCursor(0,0);
31   lcd.write("ZDC: DLY: DCY:");
32   lcd.setCursor(0,1);
33   lcd.print(baca);
34   lcd.setCursor(5,1);
35   lcd.print(tunda);
36   lcd.setCursor(11,1);
37   lcd.print(duty);
38   lcd.setCursor(15,1);
39   lcd.print("%");
40 }
41 if (x2 == 0) {
42   lcd.clear ();
43   lcd.setCursor(0,0);
44   lcd.print ("***SYSTEM OFF***");
45   lcd.setCursor(0,1);
46   lcd.print("Alhamdulillah :)");
47 }
48 }
49
50 void loop(){
51   baca = digitalRead(ADC1);
52   pot = analogRead(ADC2);
53   tunda = map(pot, 0, 1023, 0, 1001);
54   x = 20+(float)tunda;
55   duty = (float)((20*100)/x);
56   saklar ();
57   //Serial.print("pot = ");
58   // Serial.print(pot);
59   //Serial.print("\t tunda = ");
60   // Serial.println(tunda);
61   Serial.println(baca);
62
63   if(baca==1){
64     digitalWrite(13, HIGH);
65
66     zero_cross();
67   }
68   else{
69     digitalWrite(13, LOW);
70   }
71 }
72
73 void zero_cross(){
74   delay(tunda);
75   digitalWrite(motor, HIGH);
76   delayMicroseconds(18);
77   digitalWrite(motor, LOW);
78 }

```

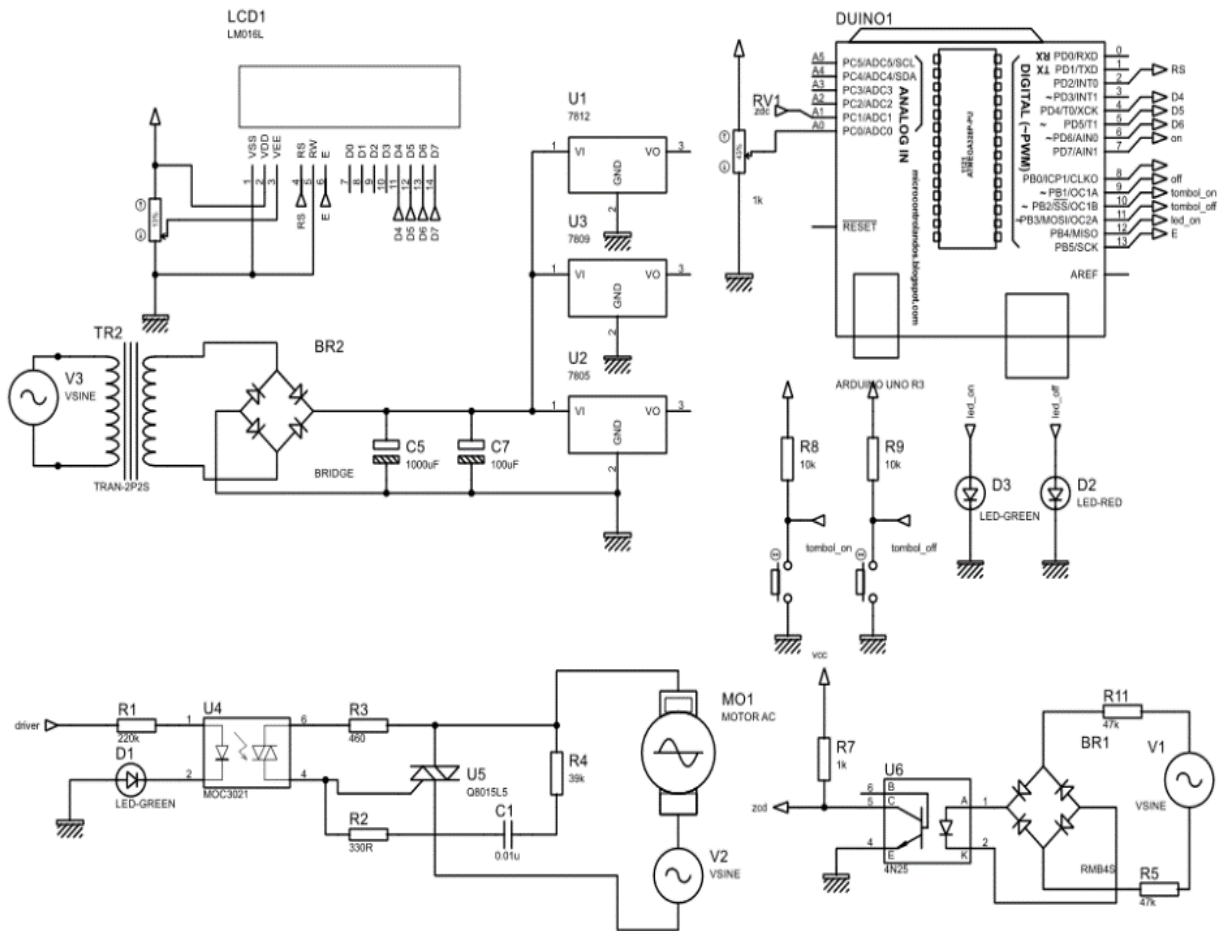
Gambar 4. Skrip Program Keseluruhan Arduino



Gambar 5. Flowchart Program Arduino

3.3 Perancangan *Hardware*

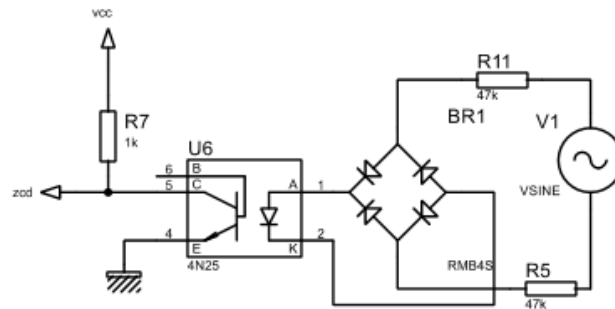
Perancangan *hardware* meliputi perancangan bagian-bagian rangkaian dalam pembuatan rangkaian keseluruhan yang digunakan dalam penelitian ini, seperti perancangan desain sensor *zero crossing detector*, *power supply* berkeluaran tegangan 5 volt 9 volt 12 volt, *driver triac* motor dan rangkaian *Arduino shield*, dan juga pembuatan *box* kemasan alat mempertimbangkan dari berbagai aspek. Skema keseluruhan yang dibangun dalam perancangan ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. Gambar Rangkaian Keseluruhan Alat

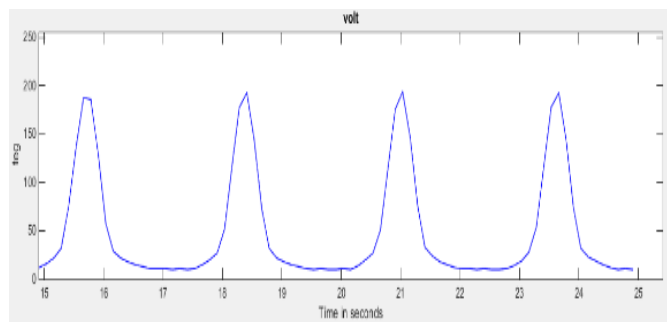
Rangkaian *zero crossing detector* adalah rangkaian yang berfungsi memberikan *delay* yang sesuai untuk menghasilkan pengaturan kecepatan motor yang presisi. *Arduino* perlu mengidentifikasi saat *zero crossing* dilewati dari tegangan jala-jala listrik PLN gelombang sinusoidal 220 volt. Pendeteksian *zero crossing* dari orde positif kemudian ke orde negatif begitu pula sebaliknya. Persebrangan tersebut akan dipakai yang sebagai acuan tunda waktu pemucuan pada *gate triac*. Rangkaian sensor *zero crossing detector* dibuat menggunakan optocoupler 4N25. Besarnya nilai disesuaikan dengan rating tegangan dan arus maksimal

pada dioda bridge serta arus input pada Arduino yang akan digunakan yaitu berkisar antara 10-60mA. Keluaran tegangan pada sensor mampu mengeluarkan tegangan dengan nilai *high* agar mampu dibaca logika arduino. Berikut adalah rangkaian *zero crossing detector* ditunjukkan oleh gambar 7 dan gelombang keluarannya ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 7. Rangkaian *Zero Crossing Detector*

Pada hasil pengujian rangkaian sensor *zero crossing detector* menggunakan sensor tegangan yang berkomunikasi serial dengan *Matlab 2014b* untuk melihat keluaran gelombang dari *optocoupler* 4N25. Gelombang sinusoidal dari tegangan jala- jala dengan frekuensi 50 Hz akan dipicu oleh *optocoupler* 4N25 yang menyebabkan sumber picuan dari tegangan DC 5V menjadi bergelombang sesuai dengan persilangan sudut phasa pada sumber tegangan 220V. Ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. Gelombang *Zero Crossing Detector*

```

1
2 #define ADC1 A0 // Analog input pin
3 int baca;
4 //int outputValue;
5
6 void setup()
7 {
8     // initialize serial communications at 115200
9     Serial.begin(115200);
10 }
11
12 void loop()
13 {
14     baca = analogRead(ADC1);
15     // outputValue = map(baca, 0, 1023, 0, 255);
16     Serial.println(baca);
17     delay(100);
18 }

```

Gambar 9. Skrip *Arduino* Sensor Tegangan

```

matlabfix.m
1 - clc;
2 - clear all;close all;
3 - comport = serial('COM3', 'BaudRate', 115200); %
4 - fopen(comport); % Open comport
5 - x=0;
6
7 - motor1(1) = 0;
8 - time1(1) = 0;
9 - i = 1;
10 - tic;
11
12
13 - while(toc<=25) ...
14 -
15 -
16 -
17 - fclose(comport); % Close comport
18 - delete(comport); % Clear comport

```

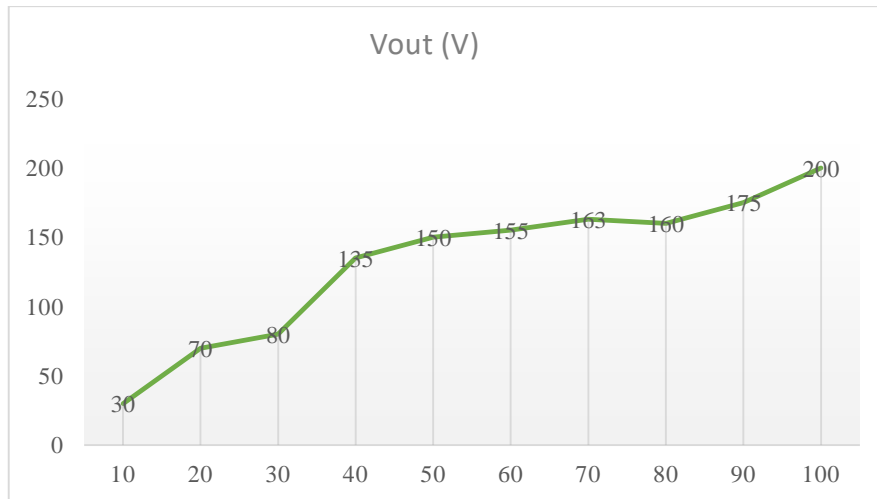
Gambar 10. Skrip *Matlab* Penampil Gelombang

3.2 Hasil Pengujian Alat Menggunakan Beban

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran alat, arus keluaran alat dan kecepatan motor menggunakan beban berupa motor 1 phasa 120w AC. Hasil pengukurannya ditunjukkan oleh tabel 1.

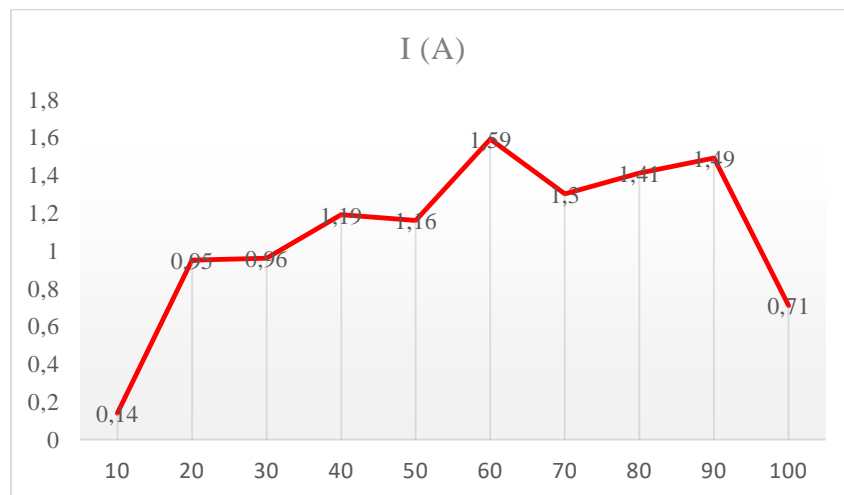
Tabel 1. Data Pengujian alat menggunakan motor 1 phasa 120w AC

No	Duty Cycle (%)	V out (V)	I out (A)	Rpm
1	10	30	0,14	183
2	20	70	0,95	272
3	30	80	0,96	332
4	40	135	1,19	560
5	50	150	1,16	697
6	60	155	1,59	782
7	70	163	1,3	932
8	80	160	1,41	1069
9	90	175	1,49	1273
10	100	200	0,71	1509



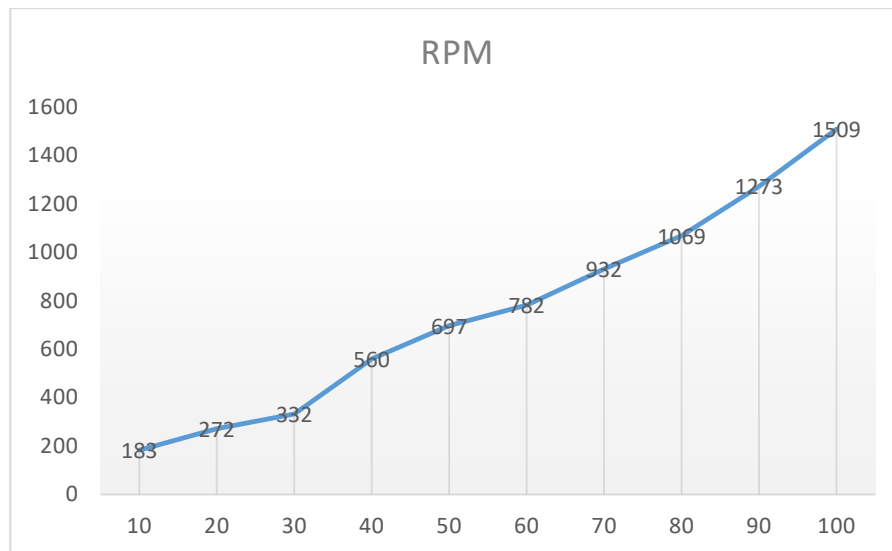
Gambar 11. Grafik tegangan keluar terhadap dutycycle

Dari gambar 11 dapat dianalisa bahwa pemberian *duty cycle* 10% hingga 100% berdampak pada tegangan yang mulanya diberi *duty cycle* 10% tegangan yang terukur 30 volt akan naik ditegangan yang terukur 200 volt ketika diberi *duty cycle* 100%. Maka tegangan berbanding lurus dengan *duty cycle*. Sebaliknya berbanding terbalik terhadap pemberian *delay* yang semakin rendah maka tegangan semakin tinggi. Dikarenakan rentang waktu penyulutan waktu *delay* yang semakin kecil maka akan memberikan gelombang sinusoidal yang penuh ditunjukkan oleh gambar 14.



Gambar 12. Grafik Arus keluar terhadap dutycycle

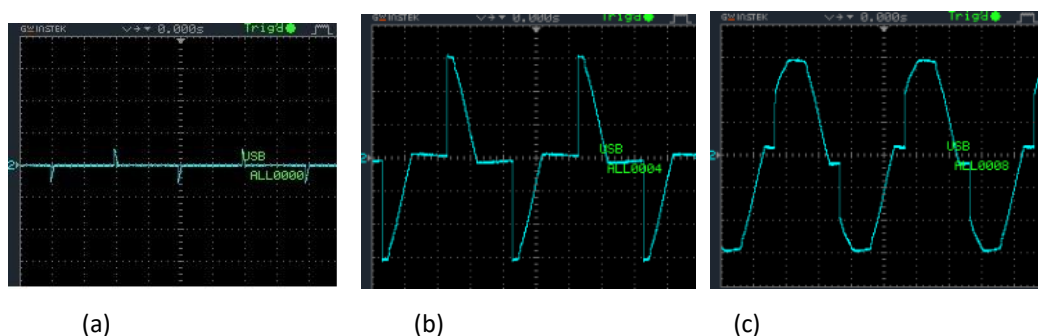
Dari gambar 12 dapat dianalisa bahwa pemberian *duty cycle* 10% hingga 100% berdampak pada arus yang mulanya diberi *duty cycle* 10% Arus yang terukur 0,14A akan naik pada puncak yang terukur 1,59A ketika diberi *duty cycle* 60% disebabkan karena arus *starting* yang berulang-ulang, Tetapi akan turun pada 0,71A ketika diberi *duty cycle* 100 % disebabkan karena pemicuan triac yang terdelay 0 mS dari alat.



Gambar 13. Grafik tegangan keluar terhadap dutycycle

Dari gambar 13 dapat dianalisa bahwa pemberian *duty cycle* 10% hingga 100% berdampak pada kecepatan putar motor yang mulanya *duty cycle* 10%, kecepatan putar motor yang terukur 183 *rpm* akan naik dikecepatan putar motor yang terukur 1509 *rpm* ketika diberi *duty cycle* 100% dengan kata lain kecepatan putar berbanding lurus dengan *duty cycle*. Sebaliknya berbanding terbalik terhadap pemberian *delay* yang semakin rendah maka kecepatan putar motor semakin tinggi. Dikarenakan rentang waktu penyulutan waktu *delay* yang semakin kecil maka akan memberikan gelombang sinusoidal penuh ditunjukkan oleh gambar 14.

Setiap perubahan nilai *duty cycle* gelombang *PWM* yang diberikan dari mikrokontroler kepada *driver triac* akan mempengaruhi bentuk gelombang output yang dihasilkan. Hasil pengujian gelombang output yang dihasilkan ditunjukkan oleh gambar 12.



Gambar 14. Gelombang Output *Driver Triac Duty Cycle* 10% (a), 50% (b) dan 100% (c)

Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang keluaran berubah sesuai dengan pemberian nilai *duty cycle* yang diberikan. Pada gelombang tidak sinus murni karena pensaklaran pada *driver triac* terkena *delay* yang cepat dari titik acuan *zero crossing detector*.

4.PENUTUP

Dari Pengujian hasil pembahasan menunjukan secara garis besar, alat sudah mampu mengatur kecepatan motor 1 phasa AC mulai dari duty cycle 0% sampai 100%. Tetapi pemakaian rpm rendah menyebabkan motor *overheating*.

Pengaturan nilai *duty cycle* tegangan dilakukan dengan menggunakan prinsip *phase angle AC chopper* dengan acuan sinyal *zero crossing detector* sebagai titik memulai *delay*.

Dari data maka didapat keluaran tegangan yang semakin besar dan berbanding lurus dengan kecepatan putar motor (rpm) yang dihasilkan.

Putaran motor yang terpengaruh dari pemicuan *triac* oleh sensor *zero crossing* pada putaran rendah menyebabkan kurang stabil, titik-titik penyulutan *triac* yang menyebabkan putaran pada motor tersebut tidak berhenti sepenuhnya.

Banyak harapan yang penulis ingin berikan salah satunya adalah dapat bergunanya alat yang dikembangkan mampu untuk bersaing dengan produk pengendali kecepatan motor AC yang lain akan tetapi memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

PERSANTUNAN

Pada pembuatan penelitian tugas akhir ini penulis mendapatkan semangat, pertolongan, saran, kritik, dan doa dari berbagai pihak, dengan demikian penulis ucap syukur dan rasa terima kasih dari kepada:

1. Alat SWT yang telah memberikan kesempatan untuk bisa mengerjakan dengan judul “rancang bangun pengendali motor 1 fasa dengan metode zero crossing detector berbasis arduino”.
2. Ayah, Bunda Dan Keluarga yang telah menjadi pondasi semangat, mendoakan dan motivasi sehingga terselesaikannya penelitian tugas akhir dengan judul “rancang bangun pengendali motor 1 fasa dengan metode zero crossing detector berbasis arduino”.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
4. Bapak Umar, S.T., M.T. Sebagai Ketua Program Study Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Aris Budiman S.T., M.T. Sebagai Pembimbing Penelitian tugas akhir yang telah memberikan arahan & bimbingan.
7. Teman - Teman Teknik Elektro Angkatan 2012,2013,2014 Robot Research dan GOS Semoga Tetap Terjaga Kekompakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arindya; S.T., M.T. , Raditya. (2013). Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Barkana .A, Cook .G, S.M. Eugene. (1973). Solid State Relay. IEEE
- Ir Isworo Pujotomo, M.T. (2012). Dasar Konversi Energi Listrik. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- Jaja Kustija. (2014). Elektronika Industri. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- L.H Soderholm, Carl J. Bern. (1976). Solid State Relay For Control. Agricultural and Biosystems Engineering. Digital Repository Iowa State University.
- Rahmat Hidayat, Didik Notosudjono, Dede Suhendi. Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Bogor: Universitas Pakuan.
- Renjani Erwanda. (2016). Rancang Bangun Prototipe Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengaturan Tegangan Berbasis Arduino & Android Smartphone. Lampung: Unila.
- Rusmandi Dedy. (2001). Mengenal Elektronika. Jakarta: Erlangga.
- Sumanto. (1995). Mesin Arus Searah. Yogyakarta: Andi